

Н.В. ПАРОЛЬ
А.С. БЕРНШТЕЙН

ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ

МАССОВАЯ РАДИО
БИБЛИОТЕКА
ОСНОВАНА В 1947 ГОДУ

Выпуск 1054

Н.В. ПАРОЛЬ
А.С. БЕРНШТЕЙН

ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ

МОСКВА "РАДИО И СВЯЗЬ" 1982

ББК 32.851.1
П 18
УДК 621.385.832

Пароль Н.В., Бернштейн А.С.

П18 Осциллографические электронно-лучевые трубки: Справочная серия. – М.: Радио и связь, 1982. – 48 с., ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1054).

35 к.

Описаны принципы работы осциллографических электронно-лучевых трубок, особенности их конструкций, изложены вопросы надежности их работы. Приведены справочные данные осциллографических электронно-лучевых трубок, параметры, габаритные данные.

Для широкого круга радиолюбителей-конструкторов.

$П \frac{2403000000-041}{046(01)-82} 193-82$

ББК 32.851.1
6Ф0.31

РЕЦЕНЗЕНТ Н.Л. ХУТЕЛИОНОК

Редакция научно-популярной литературы и массовой радиобиблиотеки

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настройка современной промышленной и радиолюбительской аппаратуры требует широкого использования различных радиоизмерительных устройств, наиболее популярным из которых и обладающим наиболее широкими функциональными возможностями является электронный осциллограф. Осциллограф – единственный прибор, который позволяет осуществлять визуальное наблюдение или фотографическую регистрацию изменений напряжения и токов в электрических цепях. Без осциллографа практически невозможно наладить приемник или радиопередатчик, телевизор или цветомузыкальную установку. Технические характеристики осциллографов в значительной степени определяются параметрами электронно-лучевых приборов, на экранах которых отображается исследуемая информация, называемых осциллографическими трубками.

Электростатический способ управления электронным потоком, реализуемый в осциллографических трубках, делает их универсальными приборами, пригодными для решения самых разнообразных задач. Отличительная черта электростатического способа управления электронным потоком – практическая безынерционность. Поэтому осциллографические трубки позволяют наблюдать напряжения и токи очень высоких частот и импульсы малой длительности.

Осциллографические трубки – название в известной степени традиционное. Они используются не только в электронных осциллографах, но и в различного рода дисплеях, индикаторах, демонстрационных, учебных приборах, телевизорах, анализаторах спектров сигналов, испытателях переходных и частотных характеристик и других устройствах. Многолучевые осциллографические трубки позволяют одновременно воспроизводить на экране несколько (в зависимости от количества лучей) различных физических процессов, сравнивать их. С помощью осциллографических трубок, имеющих экраны с длительным послесвечением, удобно наблюдать однократные электрические процессы.

Предлагаемая вниманию читателей книга содержит основные сведения о принципах работы осциллографических трубок, особенностях их конструкций, а также параметры и характеристики трубок, серийно выпускаемых отечественной промышленностью.

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 101000, Москва, Главный почтамт, а/я 693, издательство "Радио и связь", редакция Массовой радиобиблиотеки.

Авторы

УСТРОЙСТВО И ПАРАМЕТРЫ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ТРУБОК

Общие сведения. Осциллографическая электронно-лучевая трубка представляет собой прибор, в котором под действием электронной бомбардировки люминесцентного экрана движущимся сфокусированным электронным лучом происходит преобразование электрических сигналов в видимое световое изображение.

Осциллографические трубки предназначены для исследования периодических и непериодических электрических сигналов, определения временных и других функциональных зависимостей переменных электрических величин. В общем случае осциллографическая трубка (рис. 1) состоит из стеклянного баллона *1*, электронно-оптической системы *2*, формирующей электронный луч *4*, системы отклонения луча *3* и люминофорного экрана *5*, на котором создается световое изображение исследуемого сигнала.

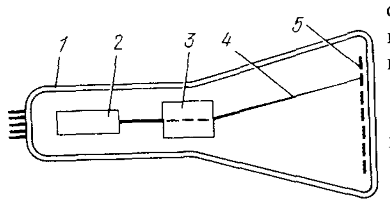


Рис. 1. Схема устройства осциллографической электронно-лучевой трубки (ЭЛТ):
1 – баллон; *2* – электронно-оптическая система; *3* – отклоняющая система; *4* – электронный луч; *5* – люминофорное покрытие экрана

Существует значительное количество типов осциллографических трубок, различающихся по конструкции, электрическим и светотехническим параметрам, по функциональному назначению.

Трубки можно классифицировать по:

способу фокусировки и отклонения электронного луча;

количеству электронных лучей;

цвету свечения и послесвечения экрана и по длительности послесвечения;

форме и размеру экрана.

По способу фокусировки и отклонения электронного луча ЭЛТ делятся на трубки с:

электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением,

электростатической фокусировкой и магнитным отклонением,

магнитной фокусировкой и магнитным отклонением.

Трубки с магнитной фокусировкой луча отличаются от трубок с электростатической фокусировкой повышенной разрешающей способностью (более чем в 2 раза). Однако применение осциллографических трубок с магнитной фокусировкой и отклонением луча связано с дополнительными затратами мощности (порядка нескольких ватт), что неудобно, например, при конструировании осциллографов на полупроводниковых приборах.

Магнитное отклонение ограничивает частотный диапазон исследуемых сигналов. В конструкциях радиолюбительских осциллографов, как правило, используют трубки с электростатической фокусировкой и отклонением луча, применение которых позволяет также существенно упростить схему управления трубкой (по сравнению со случаем магнитного управления). Поэтому в настоящей брошюре приводятся сведения только о трубках с электростатической фокусировкой и отклонением луча.

Осциллографические трубки с электростатическим отклонением подразделяются на две группы: с отклоняющими пластинами и радиальной системой отклонения.

Осциллографические трубки могут быть:

однолучевыми;

двухлучевыми (в том числе с расщепленным лучом);

многолучевыми.

Цвет свечения и послесвечения, а также время послесвечения определяются составом люминофора.

Электронно-оптическая система. Электронный луч в осциллографической трубке формируется электронно-оптической системой. Электронно-оптическая система (ЭОС) обеспечивает необходимую фокусировку электронного луча в плоскости экрана и позволяет изменять ток от нуля до некоторого предельно допустимого значения и таким образом изменять яркость свечения экрана.

В общем случае ЭОС осциллографической трубки с электростатической фокусировкой состоит из катода, представляющего собой источник электронов, и системы электродов, создающих электростатическое поле, фокусирующее и ускоряющее электроны, эмиттированные катодом.

В осциллографических трубках в зависимости от их назначения используются несколько типов ЭОС. Электроды ЭОС создают две или три электростатические линзы, каждая из которых изменяет направление движения электронов и их скорость. Схематически принцип действия ЭОС можно рассмотреть на примере двухлинзового прожектора. Примерный характер электронных траекторий в таком прожекторе показан на рис. 2. Первая линза (ближайшая к катоду) фокусирует электроны, эмиттированные катодом, и называется иммерсионным объективом. Между первой и второй линзой образуется так называемая область скрещения электронных траекторий, в которой плоскость поперечного сечения электронного луча минимальна. Площадь сечения области скрещения меньше площади поверхности катода. Вторая линза проектирует область скрещения на экран трубки.

Первая линза образуется катодом, модулятором и первым анодом. Поперечные сечения этих электродов показаны на рис. 3 толстыми линиями. Тонкими линиями показаны следы сечений поверхностей равного потенциала (эквипотенциальные линии). Форма этих линий определяет характер траекторий электронов, которые показаны на рисунке штриховыми линиями.

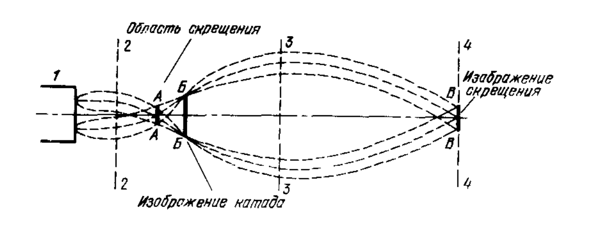


Рис. 2. Примерный характер траектории электронов и сечения электронного луча в электронно-оптической системе:
1 – катод; *2* – первая линза (иммерсионный объектив); *3* – вторая, фокусирующая линза; *4* – экран

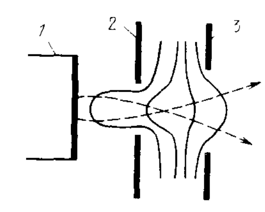


Рис. 3. Схема работы триодного прожектора:
1 – катод; *2* – модулятор; *3* – анод

Результирующий потенциал в прикатодной области всегда наиболее положителен на оси ЭОС. Так как напряжение анода постоянно и положительно, а напряжение модулятора всегда отрицательно относительно катода, то при невысоких значениях напря-

жения на модуляторе потенциал на оси ЭОС у поверхности катода положителен. При дальнейшем снижении напряжения на модуляторе положительный потенциал распространяется и на более удаленные от оси ЭОС участки поверхности катода. Наоборот, при увеличении отрицательного напряжения на модуляторе область проникновения положительного потенциала на поверхность катода уменьшается, и при достаточно высоком напряжении положительный потенциал вообще не достигает поверхности катода.

Отбор электронов с поверхности катода в электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) имеет место только с тех участков, у которых достигается положительный потенциал. Уменьшение отрицательного напряжения на модуляторе вызывает увеличение тока катода за счет увеличения эмиттирующей поверхности и постепенного роста плотности отбираемого тока с ее центрального участка. Но даже в предельном случае, когда напряжение модулятора относительно катода равно нулю, активная (рабочая) поверхность катода не превышает площади отверстия в диафрагме модулятора.

Форма электростатического поля в первой линзе ЭОС такова, что все эмиттированные катодом электроны независимо от направления их движения в момент вылета с катода сходятся и образуют в пространстве между модулятором и анодом, на оси ЭОС, область наименьшего сечения электронного пучка ("скрещение электронного луча" на рис. 2). Разность потенциалов между катодом и модулятором, при которой прекращается отбор тока с катода, называется напряжением запирания.

В общем виде зависимость тока катода трубки от напряжения модулятора описывается формулой

$$I_к = k \frac{(U_{зап} - U_{мод})^{5/2}}{|U_{зап}|}$$

где $U_{мод}$ – напряжение модулятора; $U_{зап}$ – напряжение запирания; k – постоянная величина.

Показатель степени в этой формуле зависит от геометрии ЭОС и напряжений на электродах прожектора и практически лежит в пределах 3/2–7/2.

Рассмотренный прожектор называется триодным. Зависимость тока катода от напряжения модулятора для такого прожектора называется модуляционной характеристикой.

Триодный прожектор ("иммерсионный объектив") не создает сфокусированный электронный пучок и в отдельности применяется только в ряде типов ЭЛТ с магнитной фокусировкой, в которых электронный луч, быстро расширяющийся за областью скрещения (см. рис. 2 и 3), снова фокусируется с помощью внешних полей.

В осциллографических ЭЛТ окончательную фокусировку луча осуществляет вторая, фокусирующая электростатическая линза, представляющая собой совокупность нескольких (двух или трех) соосных полых цилиндров и диафрагм, находящихся под разными напряжениями и образующими вместе с триодным прожектором единую арматуру. Фокусировка луча, т.е. превращение расширяющегося (расходящегося) после области скрещения пучка электронов снова в пучок, сходящийся в точку на экране ЭЛТ, происходит благодаря форме электростатического поля, образующегося между соседними цилиндрами или диафрагмами, если между ними имеется разность потенциалов. Вообще говоря, для того чтобы обеспечить фокусировку луча, достаточно за анодом триодного прожектора установить еще один анод с более высоким напряжением.

Однако в ЭЛТ оптимальная фокусировка достигается изменением (в заданных пределах) напряжения на одном из анодов; в системе, состоящей только из триодного прожектора и еще одного анода, изменение напряжения на первом аноде меняет ток луча, так как меняется потенциал на оси ЭОС у катода; изменение напряжения на втором аноде меняет скорость электронов и, следовательно, их энергию при бомбардировке экрана ЭЛТ. В результате в любом случае в такой системе фокусировка влияет на яркость изображения, что недопустимо.

Поэтому в ЭОС современных осциллографических ЭЛТ между модулятором и фокусирующим электродом вводится дополнительный "ускоряющий" электрод (рис. 4), который обычно соединен со вторым анодом и находится под его напряжением. При такой системе изменение напряжения на фокусирующем электроде уже не влияет ни на ток луча, ни на энергию электронов; напряжение второго анода стабилизировано в аппаратуре и при работе ЭЛТ не подлежит регулировке.

Для дальнейшего улучшения фокусировки, т.е. уменьшения размеров сечения электронного луча в плоскости экрана ЭЛТ, в большинстве типов ЭЛТ в ускоряющем электроде и в аноде устанавливается одна или несколько "вырезающих" диафрагм с малыми диаметрами отверстий на оси ЭОС. Эти диафрагмы перехватывают крайние электроны в пучке, сужая тем самым чисто механически его сечение, и не пропускают к экрану случайные электроны, летящие далеко от оси ЭОС и под большими углами к ней. Так как подобные электроны могут вызывать ненужное, "паразитное" свечение экрана, снижая контрастность изображения, то вырезающие диафрагмы одновременно улучшают и контрастность. Однако в результате полезно используется лишь небольшая часть тока катода (от 20 до 1% в разных типах ЭЛТ). В таких изделиях модуляционная характеристика представляет собой уже не зависимость тока катода, а зависимость тока луча (тока, попадающего на экран ЭЛТ) от напряжения на модуляторе. Крутизна такой модуляционной характеристики значительно меньше, чем характеристики триодного прожектора (рис. 5).

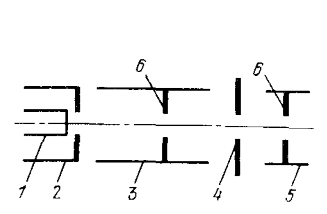


Рис. 4. Схема электронно-оптической системы осциллографической трубки: *1* – катод; *2* – модулятор; *3* – ускоряющий электрод; *4* – фокусирующий электрод; *5* – второй анод; *6* – вырезающие диафрагмы

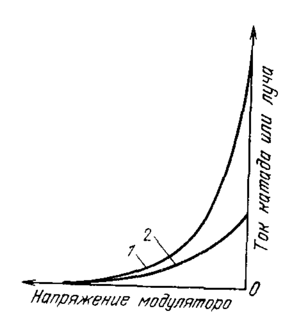


Рис. 5. Модуляционные характеристики осциллографической трубки по току катода (*1*) и току луча (*2*) (при наличии вырезающих диафрагм)

Модуляционная характеристика трубки довольно полно описывает свойства электронного прожектора (или ЭОС в целом). Однако в большинстве практических случаев достаточно знать две основные точки модуляционной характеристики – напряжение запирания $U_{зап}$ и напряжение модулятора, при котором обеспечивается номинальный ток луча (или номинальная яркость свечения экрана), $U_{мод\ ном}$. Существует ряд ме-

тодов измерения напряжения запирания, однако при определении его истинного значения возможны существенные ошибки из-за утечек между электродами, неточностей измерения весьма малых токов и т. д. Поэтому напряжением запирания условно называют такое напряжение модулятора, при котором ток катода (или луча) равен определенному малому значению 0,5 или 1 мкА, или такое напряжение, при котором прекращается свечение экрана. Разность между запирающим напряжением и напряжением, соответствующим номинальному току (или номинальной яркости), называют напряжением модуляции.

Электростатическое отклонение луча. Электростатическое отклонение луча осуществляется с помощью электродов, имеющих вид пластин различной формы, размещаемых параллельно оси ЭОС непосредственно за вторым анодом.

В трубках имеются две пары отклоняющих пластин, составляющих отклоняющую систему. Если к паре отклоняющих пластин приложена разность потенциалов, то между ними создается электрическое поле, воздействующее на электроны луча в направлении, перпендикулярном направлению их движения, искривляющее их траектории и смещающее световое пятно на экране трубки в ту или другую сторону в зависимости от знака приложенного напряжения. Одна пара пластин отклоняет луч по горизонтали (пластины X), другая по вертикали (пластины Y). Обе пары отклоняющих пластин взаимно перпендикулярны, поэтому направления смещения луча при приложении разности потенциалов к пластинам также взаимно перпендикулярны. Таким образом осуществляется возможность с помощью двух напряжений сместить луч и соответственно световое пятно в любую точку экрана. Если на одну пару пластин подать переменное напряжение синусоидальной формы, а на другую – то же напряжение, но сдвинутое по фазе на 90°, то световое пятно на экране будет двигаться по окружности.

Если осциллографическая трубка используется для анализа формы кривой напряжения, то исследуемое напряжение подается на пластины вертикального отклонения Y, а на другую пару пластин X подается пилообразное напряжение развертки (рис. 6, *а*). Для пилообразного напряжения характерно наличие участка относительно медленного линейного нарастания напряжения (участок OA на рис. 6, *б*) и участка относительно быстрого спадания напряжения (участок AB на рис. 6, *б*). Во время нарастания напряжения развертки (участок OA на рис. 6, *б*) световое пятно перемещается по

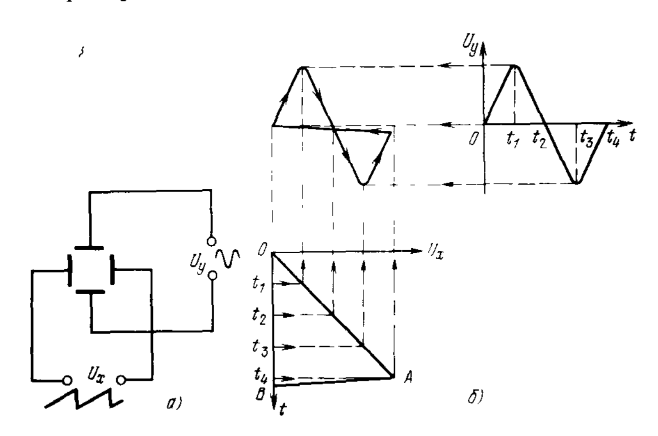


Рис. 6. Схемы подачи напряжений на отклоняющие пластины трубки (*а*) и формирования осциллограммы (*б*)

оси X с постоянной скоростью. Эти пластины называются также временными отклоняющими пластинами. Одновременно пятно смещается по оси Y на величину, пропорциональную величине исследуемого сигнала. Эти пластины называются также сигнальными отклоняющими пластинами. В результате на экране трубки высвечивается зависимость исследуемого напряжения от времени, называемая осциллограммой. На участке AB (рис. 6, *б*) напряжение развертки быстро падает до нуля и пятно возвращается в исходное положение. Когда период развертки установлен кратным периоду исследуемого напряжения, осциллограммы, получаемые в каждый из последующих периодов развертки, совпадают и на экране видно устойчивое изображение исследуемого процесса. Помимо переменных напряжений, на пластины X и Y подаются постоянные напряжения, изменяя которые можно установить исходное положение светового пятна в любой точке экрана.

Основными параметрами отклоняющей системы являются ее чувствительность, допустимый угол отклонения, степень искажения формы исследуемой кривой. При идеальном отклонении смещение пятна на экране трубки должно быть пропорционально напряжению, поданному на пластины, и фокусировка пятна на экране не должна зависеть от величины отклонения.

Чувствительностью к отклонению называется отношение смещения светящегося пятна экрана трубки к изменению отклоняющего напряжения, вызвавшему это смещение. Чувствительность отклонения прямо пропорциональна длине пластин и расстоянию от пластин до экрана и обратно пропорциональна расстоянию между пластинами и напряжению анода.

Простейшая отклоняющая система представляет собой две пары плоскопараллельных пластин, между которыми проходит электронный луч (ри. 7, *а*).

Существенно повысить чувствительность трубки можно, используя отклоняющие пластины, поверхность которых параллельна траекториям электронов (рис. 7, *б*). Такая форма отклоняющих пластин является оптимальной. Однако изготовлять пластины, форма которых приближается к оптимальной (рис. 7, *в*, *г*), сложно.

Исследуемые сигналы обычно подаются на пару пластин, расположенную непосредственно за электронным прожектором (сигнальные отклоняющие пластины). На вторую пару – временные отклоняющие пластины – подается напряжение развертки. Напряжение развертки обычно достаточно велико, и особенно высоких требований к чувствительности временных отклоняющих пластин не предъявляется и они обычно имеют меньшую чувствительность, чем сигнальные.

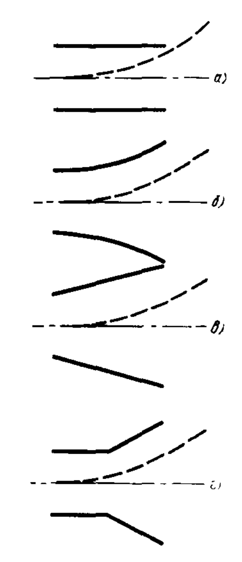


Рис. 7. Различные формы отклоняющих пластин осциллографических трубок (в сечении). Штриховой линией показана траектория электронного луча

Высокая чувствительность отклонения особенно важна для трубок, используемых в широкополосных осциллографах. Неискаженное усиление импульсов малой длительности представляет сложную задачу, поэтому желательно применять трубки с хорошей чувствительностью сигнальных отклоняющих пластин. Обычно чувствительность сигнальных отклоняющих пластин 0,2–0,6 мм/В, чувствительность временных отклоняющих пластин на 10–15% ниже.

Входные емкости отклоняющих пластин (измеренные на выводах цоколя или ножки) составляют несколько пикофарад, что обеспечивает возможность использования трубок на частотах до 10 МГц без заметных фазовых искажений. Для уменьшения индуктивностей и емкостей выводов отклоняющих пластин у трубок, предназначенных для воспроизведения высокочастотных сигналов, выводы делаются на боковой поверхности баллона, а не в цоколе ЭЛТ. Все четыре отклоняющие пластины имеют независимые выводы. Наличие независи-

мых выводов позволяет включать отклоняющие пластины симметрично и регулировать средний потенциал пластины по отношению к потенциалу второго анода, что, в свою очередь, обеспечивает уменьшение искажений формы сигнала при отклонении.

Важным параметром отклоняющей системы трубки и трубки в целом является нелинейность отклонения. Очевидно, что для неискаженного воспроизведения формы исследуемого сигнала необходимо, чтобы перемещения светового пятна на экране трубки были пропорциональны величине сигнала. При оценке нелинейности отклонения измеряется чувствительность к отклонению при перемещении сфокусированного пятна (линии) от центра экрана на 25 и 75% половины рабочей части экрана.

Относительное значение нелинейности отклонения $\varkappa$ рассчитывается по формуле

$$\varkappa = 2\frac{S_2 - S_1}{S_1 + S_2} \cdot 100 ,$$

где S_1 – чувствительность к отклонению, измеренная на расстоянии, равном 25% половины рабочей части экрана; S_2 – чувствительность к отклонению, измеренная на расстоянии, равном 75% половины рабочей части экрана.

Экраны осциллографических трубок. Одним из важнейших параметров осциллографической трубки является яркость свечения экрана, определяющая качество визуального восприятия или фотографической регистрации осциллограммы. Экран трубки преобразует кинетическую энергию электронов луча в световую. Источником света является люминофор – вещество, светящееся под воздействием электронной бомбардировки.

Яркость свечения экрана трубки, предназначенной для визуального наблюдения осциллограмм, оценивается силой света, излучаемого 1 $м^2$ светящейся поверхности в направлении наблюдателя. Равномерно светящаяся поверхность площадью 1 $м^2$, излучающая в направлении наблюдателя свет силой в одну свечу, имеет яркость одну канделу на квадратный метр. Яркость свечения экрана осциллографических трубок составляет единицы – десятки кандел на квадратный метр. Яркость свечения экранов трубок, предназначенных для фотографической регистрации, оценивается в энергетических единицах.

Яркость и цвет свечения экрана определяются физическими свойствами используемого люминофора. Яркость также зависит от плотности тока и скорости электронов, бомбардирующих экран. До определенных пределов яркость возрастает приблизительно линейно с ростом плотности тока луча. Однако повышение яркости за счет увеличения тока приводит к ухудшению фокусировки и истощению катода. Более выгодно увеличивать яркость за счет повышения напряжения анода. Но, как уже указывалось, это связано с частичным снижением чувствительности к отклонению. Для преодоления этого недостатка ряд типов ЭЛТ имеет систему "послеускорения" электронов, которая рассматривается ниже. Практически при разработке и эксплуатации трубки приходится всегда выбирать определенный компромисс между удовлетворительным качеством фокусировки луча и достаточной яркостью свечения экрана.

Экраны трубок, предназначенных для визуального наблюдения, имеют зеленый или желто-зеленый цвет свечения, а экраны трубок для фотографической регистрации – синий цвет (или голубой).

Важным параметром экранов трубок является время послесвечения – время, в течение которого яркость экрана снижается до 1% уровня начальной яркости. В зависимости от назначения осциллографической трубки предъявляются различные требования ко времени послесвечения экрана. Например, при фотографировании осциллограммы на движущуюся фотопленку развертка по одной из осей координат осуществляется за счет движения пленки. Во избежание "размазывания" изображения для этой цели применяются трубки с коротким послесвечением 10^{-3}–10^{-4}с. При наблюдении неповторяющихся процессов, например одиночных импульсов, используются трубки с длительным послесвечением экрана для того, чтобы иметь возможность видеть осциллограмму после прекращения действия импульса.

Основные свойства люминофоров, применяемых в осциллографических трубках, указаны в таблице.

Основные свойства люминофоров, применяемых в осциллографических трубках

Условное буквенное обозначение типа люминофоров	Цвет свечения	Цвет послесвечения	Время послесвечения
А	Синий	Синий	Короткое
В	Голубой	Желтый	Длительное
Д	”	Зеленый	”
И	Зеленый	”	Среднее
М	Голубой	Голубой	Короткое
Р	Фиолетовый	Фиолетовый	Среднее
С	Оранжевый	Оранжевый	Длительное
У	Светло-зеленый	Светло-зеленый	Короткое

Категории длительности послесвечения люминофоров различаются следующим образом:

короткое – от 10^{-5} до 10^{-2}с;
среднее – от 10^{-2} до 10^{-1}с;
длительное – от 10^{-1} до 16 с.

Осциллографические трубки имеют экраны как круглой, так и прямоугольной формы.

Трубки с послеускорением электронов. Один из путей создания трубок с высокой чувствительностью, разрешающей способностью и яркостью свечения экрана состоит в использовании дополнительного ускорения электронов луча после его отклонения. Такие трубки часто называют трубками с последующим ускорением электронов луча. В трубках с последующим ускорением между временными отклоняющими пластинами и экраном располагается один или несколько кольцевых электродов, имеющих более высокие потенциалы, чем потенциал последнего электрода прожектора. Эти электроды выполнены в виде проводящих покрытий, отделенных от покрытия горловины трубки и имеющих отдельные выводы на баллоне. В трубках с одним электродом последующего ускорения (его обычно называют третьим анодом) к нему подводится напряжение, в 2–2,5 раза превышающее напряжение второго анода. Проводящее покрытие горловины трубки и электрод послеускорения образуют электронную линзу (рис. 8, *а*). Электростатическое поле линзы несколько смещает электронный луч к оси трубки, снижая чувствительность отклонения.

Последующее ускорение позволяет увеличить яркость свечения экрана и несколько улучшить фокусировку, так как при высоких ускоряющих напряжениях на качество фокусировки меньше влияют силы взаимного расталкивания электронов в луче. Для достижения очень высокой яркости (что особенно необходимо для получения удовлетворительно различимого изображения при большой скорости перемещения луча по люминофору) напряжение последующего ускорения повышают до 15–18 кВ.

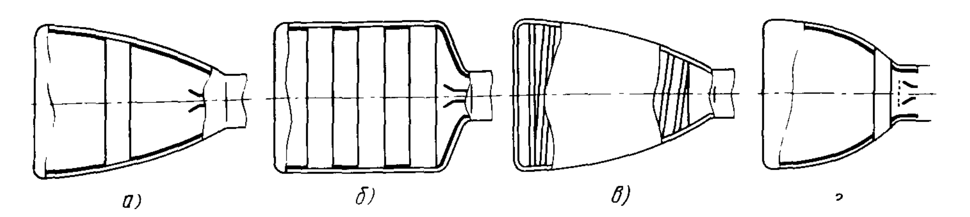


Рис. 8. Схемы устройства систем послеускорения электронов в осциллографических трубках:
а – с одной ступенью послеускорения; *б* – с несколькими ступенями послеускорения; *в* – со спиральным покрытием; *г* – с мелкоструктурной сеткой

В этом случае во избежание электрических пробоев и искажений формы исследуемого сигнала используют несколько кольцевых анодов послеускорения, называемых соответственно третьим, четвертым анодом и т.д. (рис. 8, *б*), причем каждый следующий анод находится под более высоким напряжением, чем предыдущий.

Однако даже разделение системы послеускорения на несколько ступеней все же приводит к заметному отклонению луча к оси трубки, т.е. к понижению чувствительности к отклонению. Для устранения этого явления в ряде типов ЭЛТ вместо нескольких анодов послеускорения применяют высокоомную спираль, наносимую на стенки баллона трубки между отклоняющими пластинами и экраном (рис. 8, *в*). Ближайший к ЭОС конец спирали соединяется со вторым анодом, а противоположный находится под существенно более высоким напряжением третьего анода.

Благодаря большому сопротивлению спирали (несколько десятков или даже сотен мегаом) потенциал вдоль оси трубки возрастает плавно, не образуя электростатических линз, снижающих чувствительность в трубках со ступенчатым послеускорением. Недостатком этой конструкции является большая трудоемкость нанесения спирали и трудность обеспечения стабильности ее сопротивления в процессе эксплуатации трубки. Это ограничивает распространение трубок с послеускорением спирального типа.

В новейших типах осциллографических трубок, сочетающих высокую яркость экрана с большой чувствительностью к отклонению, после отклоняющих пластин перпендикулярно оси ЭОС устанавливается мелкоструктурная сетка (рис. 8, *г*), на которую подается напряжение второго анода. Эта сетка не представляет препятствия для прохождения сквозь нее электронного луча, но между ней и проводящим покрытием третьего анода образуется *рассеивающая* электростатическая линза. В результате электронный луч дополнительно отклоняется от оси трубки, и фактическая чувствительность к отклонению не только не уменьшается, но даже возрастает.

В заключение необходимо указать, что неограниченное увеличение амплитуды напряжения, подаваемого на отклоняющие пластины, приводит к частичному попаданию электронного луча на пластины, в результате чего изображение на экране искажается (меняется потенциал пластин). Кроме того, при этом с пластин выбиваются вторичные электроны, которые в трубках с послеускорением приобретают на пути к экрану достаточную энергию для возбуждения люминофора, и в результате создают вредную засветку экрана, мешающую наблюдению за осциллограммой.

Трубки с радиальным отклонением луча. Для исследования процессов в полярной системе координат применяют круговую развертку луча. Трубки, предназначенные для этих целей, кроме обычной отклоняющей системы имеют устройство для смещения луча в радиальном направлении. По окружности луч перемещается отклоняющими пластинами, на которые подается синусоидальное напряжение развертки.

Исследуемый сигнал подается к системе радиального отклонения. Последняя практически выполняется в виде двух усеченных конусов или штыря, расположенного по оси трубки и проводящего покрытия на колбе (рис. 9). В первом случае (рис. 9, *а*) за обычными отклоняющими пластинами располагаются два усеченных конуса; радиусы их и углы наклона образующих к оси трубки различны. Отклоняющие пластины служат для перемещения луча по конической поверхности между конусами, а исследуемый сигнал отклоняет луч в радиальном направлении. Во втором случае (рис. 9, *б*) в центр экрана по оси трубки впаивается проводящий штырь, к которому подводится исследуемый сигнал. Поле, отклоняющее луч в радиальном направлении, создается штырем и проводящим покрытием на колбе.

Многолучевые трубки. Для исследования двух и более одновременно протекающих процессов используются многолучевые трубки. В таких трубках имеется несколько (практически до пяти) электронно-оптических систем, каждая из которых формирует и отклоняет "собственный" электронный луч. Для исключения взаимного влияния электронно-оптических систем между ними устанавливаются экраны. Подавая на отклоняющие пластины соответствующие постоянные напряжения, можно совмещать осциллограммы, создаваемые различными электронно-оптическими системами. Электроды каждой электронно-оптической системы имеют самостоятельные выводы.

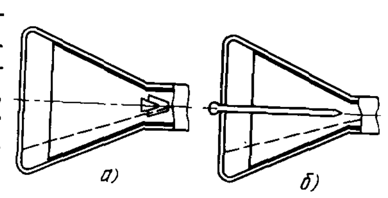


Рис. 9. Схемы устройства трубок с радиальным отклонением луча:
а – с коническими электродами;
б – с центральным электродом

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ТРУБОК

Долговечность и надежность. Одним из важнейших эксплуатационных параметров осциллографических трубок является долговечность. Понятие долговечности в известной мере условно. Долговечностью называется продолжительность испытаний группы однотипных трубок в "типовом" (условном) режиме, в течение которой основные параметры у определенного числа трубок должны сохраняться в заданных пределах.

Испытания трубок на долговечность проводятся на заводах-изготовителях трубок. Для проведения испытаний из текущей продукции отбирают определенное число трубок. Для оценки годности трубок при испытаниях на долговечность устанавливаются параметры–критерии долговечности, например яркость. Трубка считается годной, если в течение испытаний на долговечность яркость свечения ее экрана не становится меньше некоторой величины, определенной в качестве критерия долговечности. Например, устанавливается, что если в начале испытаний яркость была не менее 50 кд/м^2, то к концу испытаний она должна быть не менее 40 кд/м^2. В рассматриваемом примере трубка, имеющая яркость 39 кд/м^2, в конце испытаний будет считаться вышедшей из строя. Однако оператор, работающий с осциллографом, этого не заметит, так как он установит необходимую ему яркость, регулируя напряжение модулятора. При испытаниях на долговечность напряжение модулятора не регулируется. В этом состоит очевидная условность критериев долговечности и самого понятия долговечности. В действительности фактическая долговечность трубок намного превышает указываемую в справочных данных (как правило, в несколько раз). В последние годы вместо термина "долговечность" используется термин "наработка".

Для оценки эксплуатационных возможностей трубок более строгим критерием является надежность. Надежность трубки – это ее способность выполнять заданные

функции в определенных условиях эксплуатации в течение заданного периода времени при сохранении параметров в установленных пределах.

Для оценки надежности используются количественные показатели, основным из которых является интенсивность отказов. Отказом называется полная или частичная потеря работоспособности, оцениваемая, например, по критериям долговечности.

Интенсивностью отказов называется отношение числа отказавших трубок за определенный период эксплуатации к числу годных трубок. Интенсивность отказов $\lambda(t)$ определяется формулой

$$\Delta(t) = \frac{\Delta n}{(N-n)\ \Delta t},$$

где Δn – число трубок, отказавших за промежуток времени Δt; n – число трубок, отказавших к началу промежутка времени Δt; N – число трубок, поставленных на испытание. Отказы трубок принято разделять на внезапные и отказы за счет постепенного ухудшения параметров (так называемого "старения"). При внезапном отказе трубка неожиданно теряет работоспособность полностью, например, за счет обрыва или перегорания подогревателя, пробоя изоляции между катодом и подогревателем, трещины стекла и т.п. Постепенное ухудшение параметров и отказы за счет "старения" обусловлены снижением эмиссионной способности катода, ростом утечек между электродами, ухудшением вакуума. Отказ за счет "старения" можно предвидеть (прогнозировать), наблюдая за изменением параметров трубки, и заблаговременно заменить трубку, проявляющую тенденцию к отказу.

Интенсивность отказов изменяется в процессе эксплуатации трубки. Она относительно велика в начальный период работы, в основном в первые часы. В течение этих часов трубки проходят специальные испытания на заводах-изготовителях, чтобы избавить потребителя от неприятностей, связанных с выходом трубок из строя. Затем наступает длительный период, в течение которого интенсивность отказов относительно постоянна и практически очень мала. Через какое-то время трубка неизбежно "стареет", например, за счет снижения эмиссионной способности катода и интенсивность отказов резко растет. Как правило, время, соответствующее началу роста интенсивности отказов, намного превышает время, соответствующее окончанию испытаний на долговечность. Следует отметить, что с увеличением количества наработанных часов интенсивность внезапных отказов падает.

Работоспособность электронно-лучевой осциллографической трубки существенно зависит от режима ее эксплуатации. Электрические режимы работы трубки определяют интенсивность физических и химических процессов, протекающих в ней и обусловливающих характер и скорость изменения электрических и светотехнических параметров трубки.

В первую очередь работоспособность трубки зависит от напряжения накала, которое определяет температуру катода. Во всех осциллографических трубках используются оксидные катоды, в которых источником электронов служит нагретый до 800–850°С эмиссионный слой, состоящий из смеси окислов щелочно-земельных металлов (бария, стронция и кальция) и частично этих же чистых металлов. Эмиссионный слой наносится на торец колпачка, изготавливаемого из специального никелевого сплава; внутри колпачка помещается подогреватель, нагревающий колпачок и эмиссионный слой до рабочей температуры. Любые отклонения напряжения накала от номинального (временные или постоянные, в сторону повышения напряжения накала или понижения его) раньше или позже приводят к уменьшению тока катода, токов анодов и яркости свечения экрана.

Принято считать, что для обеспечения хорошей эмиссионной способности эмиссионный слой должен содержать определенное количество металлического бария. Концентрация металлического бария в эмиссионном слое очень мала по абсолютной величине, но отклонения ее от оптимальной величины (в любую сторону) резко изменяют

эмиссионные свойства катодов. Уменьшение концентрации свободного бария ухудшает электропроводность эмиссионного слоя и понижает его эмиссионную способность; повышение концентрации свободного бария также ухудшает эмиссионные свойства, так как барий – менее эффективный эмиттер, чем окись бария. "Баланс" концентрации свободного бария, обеспечивающий нормальную работоспособность оксидного катода, определяется примерно двадцатью различными физико-химическими процессами, интенсивность которых зависит от температуры катода (напряжения накала).

Повышение напряжения накала увеличивает скорость испарения веществ, составляющих эмиссионный слой, в частности уменьшает концентрацию свободного бария. Эта скорость пропорциональна одиннадцатой степени отношения напряжения накала, отличного от номинального, к номинальному. Поэтому даже при относительно небольшом повышении напряжения накала по сравнению с номинальным эмиссионные свойства катода и параметры трубки заметно ухудшаются. Практически при эксплуатации трубок напряжение накала не должно превышать номинальное более чем на 5–10%.

Понижение напряжения накала способствует так называемому "отравлению катода". Вакуум в баллоне трубки никогда не бывает идеальным; всегда в объеме баллона имеются "остаточные" газы. Они связывают свободный барий и понижают активность катода – "отравляют" его. Скорость отравления катода резко возрастает по мере понижения напряжения накала, так как в этом случае уменьшается концентрация свободного бария.

Повышение напряжения накала помимо ухудшения эмиссионной способности катода приводит к возникновению ряда других нежелательных явлений. Испаряющиеся с катода вещества осаждаются на модуляторе, других электродах и изоляторах электронно-оптической системы. В результате возникают токи утечки между электродами.

Повышение напряжения накала приводит к повышению температуры подогревателя катода. Последний представляет собой спираль, навитую из проволоки тугоплавкого металла и покрытую слоем изолятора – окиси алюминия (алунда). Алунд при низких температурах – хороший диэлектрик, однако при рабочих температурах подогревателя (1100–1200°С) его изоляционные свойства несколько ухудшаются и в цепи катод–подогреватель возникают токи утечки. Особенно резко они растут при повышении напряжения накала сверх номинального, а также при длительной эксплуатации трубки в условиях подачи напряжения накала, превышающего номинальное значение. В результате происходит пробой изоляционного слоя алунда, обычно сопровождающийся расплавлением и перегоранием подогревателя.

Экспериментально установлено, что при отрицательном потенциале катода относительно подогревателя пробивные напряжения ниже, чем при положительном. Поэтому в справочных данных для положительной полярности подогревателя относительно катода указываются меньшие значения предельно допустимых напряжений, чем для отрицательной. Токи утечки между катодом и подогревателем нестабильны и в процессе эксплуатации, как правило, растут. Ток утечки между катодом и подогревателем практически не имеет значения, если подогреватель можно соединить с катодом. Однако если это сделать невозможно (например, при подаче исследуемого сигнала на катод и особенно при заземлении подогревателя), возникает паразитная модуляция тока луча (и соответственно яркости свечения экрана) переменным напряжением накала. Даже при незаземленном подогревателе это явление может оказаться заметным из-за паразитных емкостей между обмотками силового трансформатора.

Электроды трубок закрепляются на изоляторах, обладающих хорошими диэлектрическими свойствами (стекло, керамика). Однако в процессе изготовления трубок, например при активировке катода, распылении газопоглотителя, а также при эксплуатации происходит частичное испарение различных материалов и образование тонких проводящих пленок. Между электродами подаются высокие разности потенциалов,

вследствие чего возникают токи утечек между электродами. Абсолютные значения токов утечек малы и, как правило, меньше допустимых для источников питания токов нагрузки. Однако токи утечки существенно изменяются в процессе эксплуатации (они могут возрастать и уменьшаться), поэтому создаваемые ими падения напряжения на сопротивлениях, к которым подключены электроды трубки, компенсировать регулировкой напряжений источников питания не удается. Следует отметить, что наиболее частой причиной утечек при эксплуатации ЭЛТ являются увлажнение и запыленность поверхности прибора, особенно вблизи выводов ножки и выводов на баллоне. Единственный реальный путь снижения вредного влияния токов утечки на режим работы трубки состоит в том, чтобы препятствовать их возникновению, т.е. эксплуатировать трубку при возможно более низких напряжениях питания, в том числе напряжении накала, и содержать трубку в чистоте.

Наиболее неприятен случай возникновения тока утечки между катодом и модулятором (именно этот ток резко растет при повышении напряжения накала) и модулятором и другими электродами в тех видах аппаратуры, где на модулятор подается сигнал для модулирования яркости. Обычно исследуемый сигнал подается на модулятор через емкость C, а постоянное напряжение $E_{см}$ – через достаточно большое сопротивление R. Во избежание искажений формы наблюдаемого сигнала (в особенности это относится к сигналам сложной формы, например прямоугольным импульсам) произведение RC стремятся выбрать большим. Однако в этом случае падение напряжения на сопротивлении R, создаваемое даже небольшим током утечки, может оказаться сравнимым с напряжением $E_{см}$. При изменениях тока утечки во времени результирующее напряжение между катодом и модулятором оказывается нестабильным.

Сопротивление утечки в цепи катод–модулятор нелинейно зависит от напряжения, что может привести к появлению эффекта детектирования полезного сигнала и соответствующим искажением его формы.

Допустимое значение тока утечки в цепи катод–модулятор для большинства типов трубок не превышает 5 мкА при напряжении катод–модулятор – (100–150) В. Кроме того, для каждой трубки указывается предельно допустимое значение сопротивления в цепи модулятора, при котором можно эксплуатировать трубку.

На электроды трубок подаются высокие напряжения. В этих условиях могут возникать не только токи утечек, но и пробои – кратковременные разряды между электродами. Причиной пробоев могут быть проводящие пленки на поверхностях изоляторов, возникающие вследствие осаждения различных веществ, выделяющихся внутри баллона трубки в процессе эксплуатации, также микроскопические острия на поверхностях электродов. Высокие напряженности поля могут вызвать автоэлектронную эмиссию с острий, под воздействием которой возникает газоотделение деталей и ионизация выделяющихся газов. Развитие этих процессов приводит к возникновению дугового пробоя. Для предотвращения таких пробоев электроды в процессе изготовления трубки тщательно полируются. В процессе откачки и тренировки трубок производится операция прожига остающихся острий путем подачи высокого напряжения. Особенно опасен пробой с какого-либо электрода на катод; в этом случае катод полностью выходит из строя.

Во избежание пробоев недопустимо даже кратковременное превышение предельно допустимых величин напряжений на электродах. Полезно предусматривать защиту аппаратуры от кратковременных пробоев в трубке. Простейший способ защиты состоит во включении в цепь анода трубки ограничительного резистора сопротивлением около 500 кОм.

Частой причиной выхода осциллографических трубок из строя при эксплуатации является прожог люминофорного покрытия экрана электронным лучом. Как правило, это происходит в результате снятия напряжений с отклоняющих пластин работающей трубки (по невнимательности или при отказе в схеме). При снятии напряжений только с одной пары пластин осциллограмма на экране превращается в одну прямую линию, плотность тока в которой возрастает настолько, что приводит к выгоранию люминофора и появлению на экране темной полосы уже за несколько минут. Гораздо более серьезны последствия снятия напряжений с обеих пар отклоняющих пластин. При этом электронный луч перестает отклоняться и непрерывно бомбардирует одну точку в центре экрана. В результате люминофорный слой прожигается практически мгновенно. Для предотвращения подобных явлений необходимо предусматривать в аппаратуре автоматическое запирание луча при отключении и выходе из строя схем питания отклоняющих пластин.

Но и при нормально работающих схемах питания пластин возможно довольно быстрое снижение яркости экрана и появление на нем темных слабо светящихся участков. Это происходит при чрезмерно большой плотности тока, чаще всего при установлении на экране совершенно неподвижного изображения (осциллограммы или строчно-кадровой развертки) при большом токе луча на сравнительно долгое время (несколько часов). В результате после отключения трубки на ее экране остается заметный темный отпечаток этого изображения. Поэтому настоятельно рекомендуется не оставлять трубку включенной долгое время с неподвижным изображением на экране; вообще эксплуатировать трубку следует при такой минимальной яркости изображения, которая обеспечивает наблюдение за ним. Необходимо иметь в виду, что содержащиеся в справочниках данные о яркости свечения экранов осциллографических трубок конкретных типов даны для растра (строчно-кадровой развертки типа телевизионной) с числом строк не менее 44; при этом практически вся поверхность экрана равномерно бомбардируется электронами и равномерно светится. Получить с экрана такой же световой поток при наблюдении осциллограмм можно только при плотности тока в осциллограмме, превышающей плотность тока в каждой строке растра также не менее чем в 44 раза. При такой плотности тока люминофорный слой на экране быстро прогорает.

В заключение следует отметить, что подача на модулятор напряжения, положительного относительно катода (даже в пределах +1–2 В), может в течение нескольких минут вывести трубку из строя ввиду сильного нагрева модулятора и выделения из него газов, отравляющих катод. Поэтому такой режим категорически запрещен; в схемах, предусматривающих подачу на модулятор каких-либо сигналов для модуляции яркости изображения, необходимо принятие мер, предотвращающих попадание на модулятор положительного напряжения даже при максимальных амплитудах подаваемых сигналов.

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ТРУБОК

3ЛО1И

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана – зеленый. Диаметр рабочей части экрана 28 мм. Фронтальное стекло – оптическое плоскопараллельное. Ширина сфокусированной линии в центре не более 0,3 мм.

Выводы электродов: *1, 14* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *4* – первый анод; *6, 12* – модулятор; *7* – временная отклоняющая пластина X_1; *8* – временная отклоняющая пластина X_2; *9* – второй анод; *10* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1; *11* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2; *5, 13* – не подключены.

Оформление – стеклянное бесцокольное. Масса 0,2 кг.

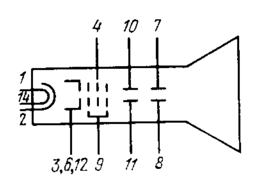


Рис. 10

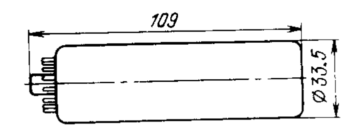


Рис. 11

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{а1} = 0–50$ В; $U_{а2} = 0{,}5$ кВ; $U_{зап} = -(30–90)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция (при яркости экрана 5 кд/м²), В		35
Ток первого анода, мкА	–50	100
Ток второго анода, мкА		300
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,15	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,18	
Наработка, ч	750	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,4
паразитное свечение экрана, кд/м²		0,1
Емкости между электродами, пФ:		
катод – все электроды		10
модулятор – все электроды		10
пластина X_1 – пластина X_2		3
пластина Y_1 – пластина Y_2		3
пластина X_1 – все электроды		10
пластина Y_1 – все электроды		10
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		8
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		8
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		8
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		8

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	150
Напряжение второго анода, В	500	800
Напряжение модулятора, В	–125	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–450	450
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		2
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

5ЛО2И

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

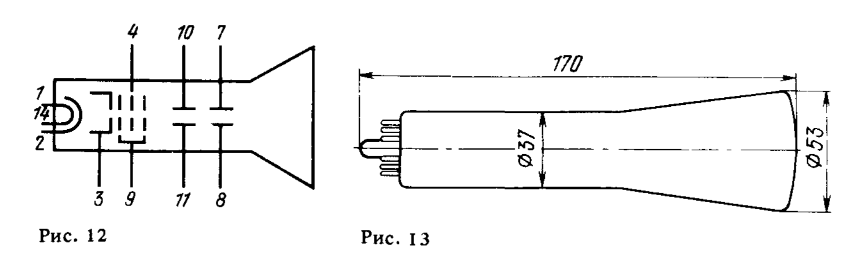


Рис. 12 Рис. 13

Цвет свечения экрана – зеленый. Диаметр рабочей части экрана не менее 44 мм. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,4 мм; на краю экрана не более 0,5 мм.

Выводы электродов: *1, 14* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *4* – первый анод; *7* – временная отклоняющая пластина X_1; *8* – временная отклоняющая пластина X_2; *9* – второй анод; *10* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2; *11* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1; *5, 6, 12, 13* – не подключены.

Оформление – стеклянное бесцокольное. Масса 0,15 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{а1} = 0–200$ В; $U_{а2} = 1$ кВ; $U_{зап} = -(20–60)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Модуляция, В		30
Ток первого анода, мкА	–50	150
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя – 135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость экрана, кд/м²	4	
Время послесвечения, с		0,1
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,2	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,25	
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,5
напряжение модуляции, В		37
Емкости между электродами, пФ:		
катод – все электроды		6
модулятор – все электроды		10
пластина X_1 – пластина X_2		3
пластина Y_1 – пластина Y_2		3
пластина X_1 – все электроды		10
пластина Y_1 – все электроды		10

Наименование	Не менее	Не более
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		8
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		8
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		8
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		8

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение модулятора, В	–125	–1
Напряжение первого анода, В		550
Напряжение второго анода, В	500	1100
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–660	660
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1,5
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1

6ЛО1И

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.
Цвет свечения экрана – зеленый. Размер рабочей части экрана – 30x40 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,3 мм.

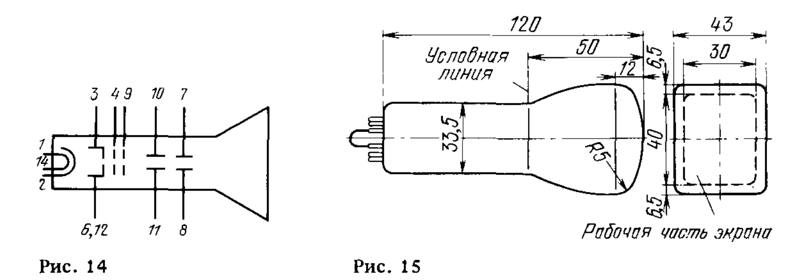


Рис. 14 Рис. 15

Выводы электронов: *1, 14* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *4* – первый анод; *6, 12* – модулятор; *7*– временная отклоняющая пластина X_1 ; *8* – временная отклоняющая пластина X_2 ; *9*– второй анод; *10* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1; *11* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2 ; *5,13* – не подключены.
Оформление – стеклянное бесцокольное. Масса 0,2 кг.

Основные параметры

при $U_н$ =6,3 В; U_{a1} =45–135 В; U_{a2} =1,2 кВ; $U_{зап}$ = – (30–90) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция (при яркости экрана 5 кд/м^2), В		25
Ток первого анода,мкА	–50	100
Ток второго анода, мкА		300
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя –125 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,11	0,15
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,15	0,20
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,4
модуляция, В		30
Емкости между электродами, пФ:		
катод – все электроды		6
модулятор – все электроды		10
пластина X_1 – пластина X_2		3
пластина Y_1 – пластина Y_2		3
пластина X_1 – все электроды		10
пластина Y_1 – все электроды		10
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		8
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		8
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		8
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		8

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	300
Напряжение второго анода, В	600	1500
Напряжение модулятора, В	–125	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–135	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–450	450
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		2
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

6ЛО2А

Предназначена для фотографической регистрации процессов на движущуюся фотоленту в многоканальных осциллографах с механической разверткой луча и других фоторегистрирующих устройствах.

Цвет свечения экрана – синий. Размер рабочей части экрана 35x35 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,4 мм.

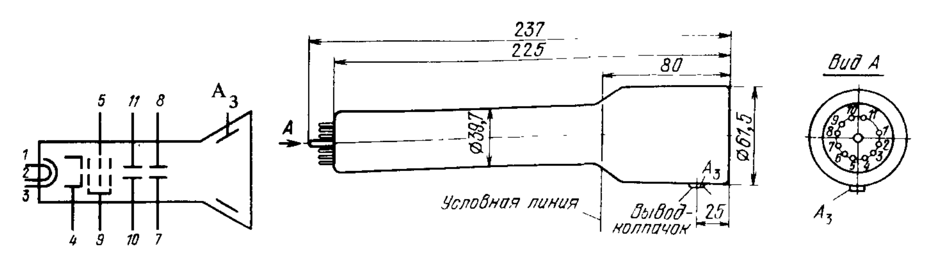


Рис. 16

Рис. 17

Выводы электродов: *1, 2* – подогреватель; *3* – катод; *4* – модулятор; *5* – первый анод; *6* – не подключать; *7* – временная отклоняющая пластина X_1; *8* – временная отклоняющая пластина X_2; *9* – второй анод; *10* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1; *11* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2; A_3 – боковой вывод на баллоне – третий анод.

Оформление – стеклянное бесцокольное с плоским экраном и боковым выводом на баллоне. Масса – 230 г.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 0$ В; $U_{a2} = 3$ кВ; $U_{a3} = 6$ кВ; $U_{зап} = -(40–90)$ В

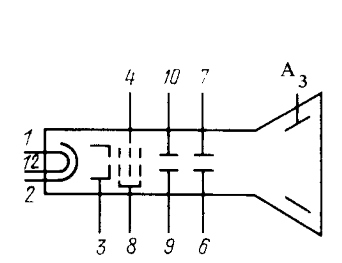
Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Модуляция, В		42
Ток катода, мкА		300
Ток третьего анода, мкА		30
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя –135 В относительно катода), мкА		50
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		7
Чувствительность, мм/В:		
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,14	
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,06	
Яркость экрана, мкВт/(см^2·ср)	120	
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,5
ток третьего анода, мкА	30	
яркость экрана, мкВт/(см^2·ср)	80	
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор – все электроды		8
катод – все электроды		8
пластина X_1 – пластина X_2		3,5
пластина Y_1 – пластина Y_2		4,5
пластина Y_1 – все электроды		6
пластина Y_2 – все электроды		6

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1500
Напряжение второго анода, В	2700	3300
Напряжение третьего анода, В	5500	7000
Напряжение модулятора, В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода	2	3
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

7ЛО1М

Предназначена для фотографической регистрации физических процессов в различной радиоэлектронной аппаратуре.



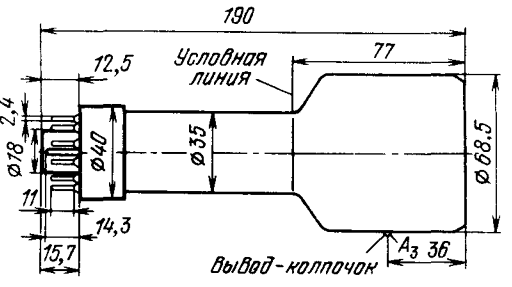


Рис. 18

Рис. 19

Цвет свечения экрана – синий. Диаметр рабочей части экрана не менее 52 мм. Фронтальное стекло – оптическое плоскопараллельное. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,5 мм; в точке, отстоящей от центра экрана на 3/8 диаметра колбы, не более 0,6 мм.

Выводы электродов: *1, 12* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *4* – первый анод; *6* – временная отклоняющая пластина X_1; *7* – временная отклоняющая пластина X_2; *8* – второй анод; *9* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2; *10* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1; A_3 – боковой вывод на баллоне – третий анод.

Оформление – стеклянное с цоколем и боковым выводом на баллоне.

Масса 0,35 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 100–235$ В; $U_{a2} = 1{,}4$ кВ; $U_{a3} = 2{,}8$ кВ; $U_{зап} = -(38–104)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		70
Ток первого анода, мкА	–100	200
Ток второго анода, мкА		500

Наименование	Не менее	Не более
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя −135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		10
Время послесвечения, с		$1 \cdot 10^{-4}$
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,07	0,11
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,08	0,13
Яркость экрана, мкВт/(см^2·ср)	0,5	
Наработка, ч	600	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,7
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор – все электроды		10
катод – все электроды		10
пластина X_1 – пластина X_2		3
пластина Y_1 – пластина Y_2		3
пластина X_1 – все электроды		10
пластина Y_1 – все электроды		10
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		8
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		8
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		8
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		8

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		550
Напряжение второго анода, В	1000	1500
Напряжение третьего анода, В	1300	3000
Напряжение модулятора, В	−200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	−125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	−450	450
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		2
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1

7ЛО55И

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана – зеленый. Диаметр рабочей части экрана не менее 60 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,7 мм.

Выводы электродов: *1,12* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *4* – первый анод; *8* – второй анод; *6* – временная отклоняющая пластина X_1; *7* – временная отклоняющая пластина X_2; *9* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1; *10* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2; *5,11* – не подключены; A_3 – боковой вывод на баллоне – третий анод.

Оформление – стеклянное с цоколем. Масса 0,3 кг.

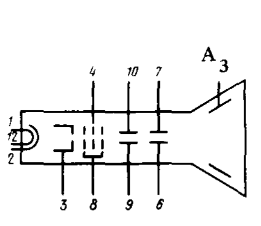


Рис. 20

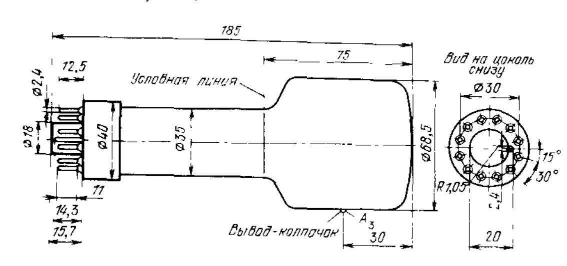


Рис. 21

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{а2} = 1{,}4$ кВ; $U_{а3} = 2$ кВ; $U_{зап} = -(38 - 114)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		70
Ток первого анода, мкА	−100	200
Ток второго анода, мкА		500
Ток третьего анода, мкА		100
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя −125 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость экрана, кд/м^2	32	
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,1	0,15
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,12	0,18
Наработка, ч	600	
Критерий годности при наработке – ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		1,0
Емкости между электродами, пФ:		
катод – все электроды		10
модулятор – все электроды		10
пластина X_1 – пластина X_2		3
пластина Y_1 – пластина Y_2		3
пластина X_1 – все электроды		10
пластина Y_1 – все электроды		10
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		8
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		8
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		8
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		8

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		500

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение второго анода, В	1000	1100
Напряжение третьего анода, В	1800	2000
Напряжение модулятора, В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–450	450
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		2
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1,0
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

8ЛО7И

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

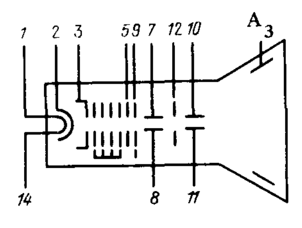


Рис. 22

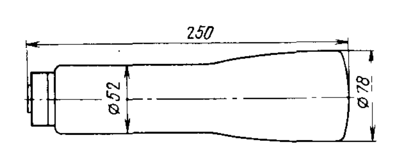


Рис.23

Цвет свечения экрана – зеленый. Диаметр рабочей части экрана не менее 70 мм. Ширина сфокусированной линии в центре не более 0,5 мм.
Выводы электродов: *1,14* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *5* – первый анод; *7* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1; *8* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2; *9* – второй анод; *10, 11* – временная отклоняющая пластина X_1, X_2; *12* – экран; *4* – отсутствует; *6, 13* – не подключены.
Оформление – стеклянное бесцокольное. Масса 0,4 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 150 - 350$ В; $U_{a2} = 2$ кВ; $U_{зап} = -(40–80)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Модуляция, В		30
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя –135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость экрана, кд/м^2	12	
Время послесвечения, с		0,1
Чувствительность, мм/В:		
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,5	0,6
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,25	0,35

Наименование	Не менее	Не более
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,6
модуляция, В		40
Емкости между электродами, пФ:		
катод – все электроды		8
модулятор – все электроды		8
пластина X_1 – пластина X_2		4
пластина Y_1 – пластина Y_2		4
пластина Y_1 – все электроды		10
пластина X_1 – все электроды		12
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		8
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		8
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		8
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		8

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	600
Напряжение второго анода, В	1500	2200
Напряжение модулятора В	–150	–1
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–550	550
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1,0
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,0

8Л039В

Предназначена для визуальной регистрации физических процессов в радиоэлектронных устройствах.

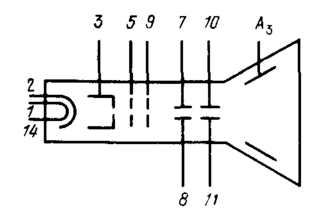


Рис. 24

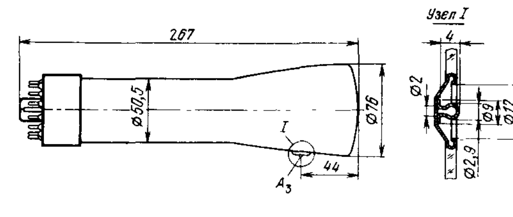


Рис. 25

Цвет свечения экрана – голубой. Цвет послесвечения экрана – желтый. Диаметр рабочей части экрана не менее 64 мм. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,75 мм; в точке, отстоящей от центра экрана на 3/8 диаметра рабочей части экрана, не более 1 мм.

Выводы электродов: *1,14* – подогреватель; *2* катод; *3* – модулятор; *5* – первый анод; *7* сигнальная отклоняющая пластина Y_1; *8* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2; *9* второй анод; *10* – временная отклоняющая пластина X_2; *11* – временная отклоняющая пластина X_1; A_3 – боковой вывод на баллоне – третий анод.
Оформление – стеклянное с цоколем и боковым выводом на баллоне.
Масса 500 г.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{а1} = 320 - 480$ В; $U_{а2} = 2$ кВ; $U_{а3} = 4$кВ; $U_{зап} = -(30–90)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		50
Ток первого анода, мкА	–150	500
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя – 135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность временных отклоняющих пластин X_1, X_2, мм/В:		
при напряжении третьего анода 4 кВ	0,13	0,2
при напряжении третьего анода 2 кВ	0,16	0,24
Чувствительность сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2, мм/В:		
при напряжении третьего анода 4 кВ	0,14	0,21
при напряжении третьего анода 2 кВ	0,17	0,26
Яркость экрана, кд/м^2	0,24	
Время послесвечения, с	5	
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	600	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		1,1
паразитная эмиссия, кд/м^2		0,2
Емкости между электродами, пФ		
модулятор – все электроды		10,5
катод – все электроды		10,5
пластина X_1 – пластина X_2		4
пластина Y_1 – пластина Y_2		4
пластина X_1 – все электроды		15
пластина Y_1 – все электроды		12
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		13
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		13
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		12
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		12

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1100
Напряжение второго анода, В	1500	2200
Напряжение третьего анода, В	3000	4400

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение модулятора, В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–550	550
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		2,3
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1

10Л02И

Двухлучевая с одной электронно-оптической системой. Предназначена для контроля синфазности исследуемых сигналов.

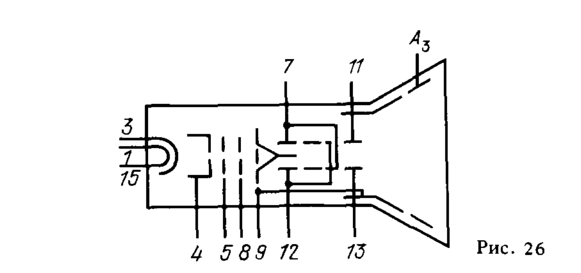


Рис. 26

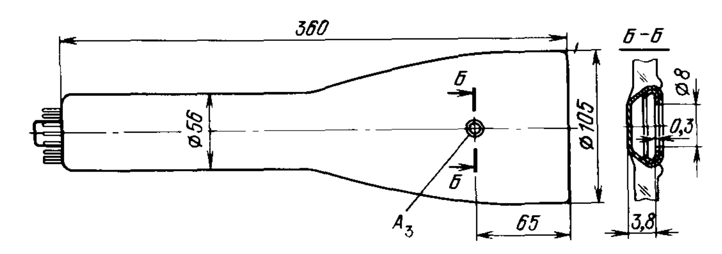


Рис. 27

Цвет свечения экрана – зеленый. Диаметр рабочей части экрана не менее 85 мм. Ширина сфокусированных линий обоих лучей в центре не более 0,5 мм.
Выводы электродов: *1,15* – подогреватель; *3* – катод; *4* – модулятор; *5* – ускоряющий электрод; *7* – пластина первой сигнальной системы C_1; *8* – первый анод; *9* – второй анод, общая пластина первой и второй сигнальных систем C_0; *11, 13* – временные пластины B_1, B_2; *12* – пластина второй сигнальной системы C_2; A_3 – боковой вывод на баллоне – третий анод послеускоряющий.
Оформление – стеклянное, бесцокольное с боковым выводом на баллоне. Масса 1 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{а1} = 300 - 600$ В; $U_{а2} = 2{,}5$ кВ; $U_{а3} = 5$ кВ; $U_{уск.эл} = 2{,}5$ кВ; $U_{зап} = -(40 - 120)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,5	0,7
Модуляция, В		60
Ток первого анода, мкА		250
Ток второго анода, мкА		800
Ток утечки третьего анода, мкА		3
Яркость экрана, кд/м^2	25	
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии обоих лучей в центре экрана, мм		0,6
яркость экрана, кд/м^2	20	
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор – все электроды		10
катод – все электроды		10
пластина B_1 – пластина B_2		6
пластина C_1 – все электроды, кроме C_0		6
пластина C_2 – все электроды, кроме C_0		6
пластина C_1 – пластина C_2		6,5
пластина C_2 – пластина C_0		6,5

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	7,0
Напряжение второго анода, В	1300	3000
Напряжение третьего анода, В	1800	5000
Напряжение модулятора, В	–500	–5
Напряжение ускоряющего электрода, В	1300	3000
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–100	10

10Л043И

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

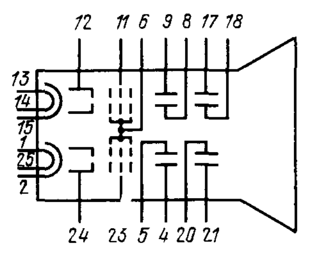


Рис. 28

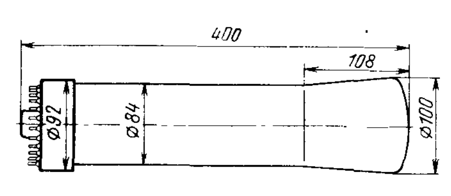


Рис. 29

Цвет свечения экрана – зеленый. Диаметр рабочей части экрана не менее 76 мм. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,7 мм; на расстоянии 3/8 от максимального размера рабочей части экрана не более 0,9 мм.

Выводы электродов: *1,25* – подогреватель *(а)*; *2* – катод *(а)*; *4* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1 *(а)*; *5* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2 *(а)*; *6* – второй анод *(а, в)*; *8* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1 *(в)*; *9* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2 *(в)*; *11* – первый анод *(в)*; *12* – модулятор *(в)*; *13, 14* – подогреватель *(в)*; *15* – катод *(в)*; *17* – временная отклоняющая пластина X_1 *(в)*; *18* – временная отклоняющая пластина X_2 *(в)*; *20* – временная отклоняющая пластина X_1 *(а)*; *21* – временная отклоняющая пластина X_2 *(а)*; *23* – первый анод *(а)*; *24* – модулятор *(а)*; *3, 7, 10, 16, 19, 22* – не подключены.

Буквами *(а)* и *(в)* обозначены электроды двух разных лучеобразующих систем. Оформление – стеклянное с цоколем. Масса 1 кг.

Основные параметры

при $U_н$ = 6,3 В; $U_{а1}$ = 400 – 700 В; $U_{а2}$ = 2 кВ; $U_{зап}$ = – (30 – 90) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		60
Ток первого анода, мкА	–50	500
Ток второго анода, мкА		1000
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя – 135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость экрана, кд/м^2	3,6	
Время послесвечения, с		0,1
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,17	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,2	
Наработка, ч	1000	
Критерий годности при наработке – ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,9
Емкости между электродами, пФ:		
катод – все электроды		12
модулятор – все электроды		12
пластина X_1 – все электроды		15
пластина X_2 – все электроды		15
пластина Y_1 – все электроды		15
пластина Y_2 – все электроды		15

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1000
Напряжение второго анода, В	2000	3000
Напряжение модулятора, В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–550	550
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

13ЛО3И

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

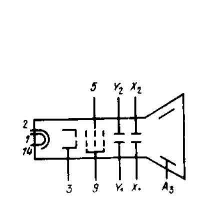


Рис. 30

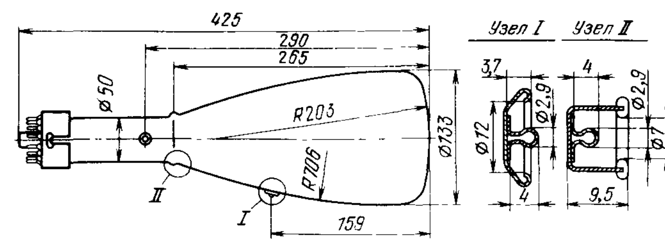


Рис. 31

Цвет свечения экрана – зеленый. Размер рабочей части экрана не менее 80x108 мм. Ширина сфокусированной линии: в центре не более 0,75 мм; по краям не более 0,9 мм. Выводы электронов: *1, 14* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *5* – первый анод; *9* – второй анод; A_3 – третий анод; X_1 и X_2 – временные отклоняющие пластины – боковые выводы на баллоне; Y_1 и Y_2 – сигнальные отклоняющие пластины – боковые выводы на баллоне. Штырьки *4, 7, 8, 10–12* не подключать.
Оформление – стеклянное с цоколем и боковыми выводами на баллоне. Масса 1 кг.

Основные параметры

при $U_н$ = 6,3 В; U_{a1} = 302 – 518 В; U_{a2} = 1500 В; U_{a3} = 3 кВ; $U_{зап}$ = –(23 – 72) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		30
Ток первого анода, мкА		50
Ток катода, мкА		1000
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,35	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,45	
Яркость экрана, кд/м^2	20	
Геометрические искажения, %:		
пластина Y_1 – пластина Y_2	–2	2
пластина X_1 – пластина X_2	–4	4
Наработка, ч	1500	
Критерии годности при наработке – ширина сфокусированной линии в центре, мм		0,9
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор – все электроды		10
катод – все электроды		10
пластина Y_1 – пластина Y_2		1,5
пластина X_1 – пластина X_2		1,5
пластина X_1 – все электроды, кроме пластины X_2		4

Наименование	Не менее	Не более
пластина X_2 – все электроды, кроме пластины X_1		4
пластина Y_1 – все электроды, кроме пластины Y_2		3,5
пластина Y_2 – все электроды, кроме пластины Y_1		3,5

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1100
Напряжение второго анода, В	1500	2200
Напряжение третьего анода, В	1500	4400
Напряжение модулятора, В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		2,3
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1,0

13ЛО6И

Предназначена для визуальной регистрации процессов в радиоэлектронных устройствах.

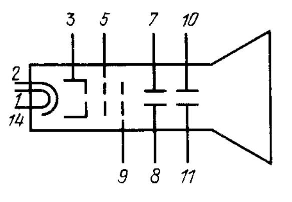


Рис. 32

Рис. 33

Цвет свечения экрана – зеленый. Диаметр рабочей части экрана 108 мм. Ширина сфокусированной линии в центре не более 0,6 мм.
Выводы электродов: *1, 14* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *5* – первый анод; *7* – сигнальная пластина Y_1; *8* – сигнальная пластина Y_2; *9* – второй анод; *10* – временная пластина X_2; *11* – временная пластина X_1. Штырьки *4, 12* – не подключать, *6, 13* – отсутствуют. Оформление – стеклянное с цоколем. Масса 900 г.

Основные параметры

при $U_н$ = 6,3 В; U_{a1} = 330 – 480 В; U_{a2} = 1,5 кВ; $U_{зап}$ = –(22–67,5) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		35
Ток первого анода, мкА	–50	300
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5

Наименование	Не менее	Не более
Чувствительность, мм/В:		
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,26	
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,21	
Яркость экрана, кд/м^2	15	
Время послесвечения, с		0,1
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
напряжение модуляции, В		42
ширина сфокусированной линии в центре, мм		0,75
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор – все электроды		8
катод – все электроды		6
пластина Y_1 – пластина Y_2		3
пластина X_1 – пластина X_2		4
временная пластина – все электроды, соединенные вместе		15
сигнальная пластина – все электроды, соединенные вместе		10
временная пластина X_1 – все электроды, соединенные вместе, кроме X_2		13
временная пластина X_2 – все электроды, соединенные вместе, кроме X_1		10
сигнальная пластина Y_1 – все электроды, соединенные вместе, кроме Y_2		8
сигнальная пластина Y_2 – все электроды, соединенные вместе кроме Y_1		8

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1100
Напряжение второго анода, В	1000	2200
Напряжение модулятора, В	– 125	0
Напряжение катод–подогреватель, В	0	125
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–550	550
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		2

13ЛО7В

Двухлучевая. Предназначена для визуальной регистрации физических процессов в радиотехнических устройствах.

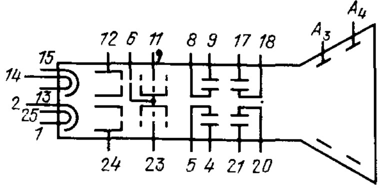


Рис. 34

Рис. 35

Цвет свечения экрана – голубой. Цвет послесвечения экрана – желтый. Ширина сфокусированной линии: в центре не более 0,8 мм; в точке, отстоящей от центра экрана на 3/8 диаметра колбы, не более 1 мм.

Выводы электродов: *1, 25* – подогреватель *(а)*; *2* – катод *(а)*; *4, 5* – сигнальные отклоняющие пластины Y_1 *(а)*, Y_2 *(а)*; *6* – второй анод *(а, в)*; *8,9* – сигнальные отклоняющие пластины Y_1 *(в)*, Y_2 *(в)*; *11* – первый анод *(в)*; *12* – модулятор *(в)*; *13, 14* – подогреватель *(в)*, *15* – катод *(в)*; *17, 18* – временные отклоняющие пластины X_1, X_2 *(в)*; *20, 21* – временные отклоняющие пластины X_1, X_2 *(а)*; *23* – первый анод *(а)*; *24* – модулятор *(а)*; A_3, A_4 – третий и четвертый аноды – боковые выводы на баллоне. Штырьки *3, 7, 10, 16, 19, 22* – не подключены. Буквами *(а)* и *(в)* обозначены электроды двух разных лучеобразующих систем.

Оформление стеклянное с цоколем и боковыми выводами на баллоне. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$= 6,3 В; $U_{а1}$=450 – 750 В; $U_{а2}$=2 кВ; $U_{а3}$=4 кВ; $U_{а4}$=8 кВ; $U_{зап}$= – (50–110) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		50
Ток первого анода, мкА	–50	250
Ток второго анода, мкА		500
Ток утечки между катодами и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,24	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,30	
Яркость экрана, кд/м^2	65	
Паразитная эмиссия, кд/м^2		0,1
Время послесвечения, с	5	
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		1
модуляция, В		50
паразитная эмиссия, кд/м^2		0,2
Емкость между электродами, пФ:		
модулятор – все электроды		8
катод – все электроды		8
пластина X_1 – пластина X_2		4
пластина Y_1 – пластина Y_2		4
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		8
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		8
пластина Y_1 –все электроды, кроме Y_2		8
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		8

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	1100

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение второго анода, В	1500	2500
Напряжение третьего анода, В		6000
Напряжение четвертого анода, В	6000	10 000
Напряжение модулятора, В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Напряжение между любой из пластин и вторым анодом, В	–550	550
Отношение напряжения на четвертом аноде к напряжению на втором аноде		6,7
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1

13ЛО11А

Предназначена для визуальной и фотографической регистрации электрических процессов.

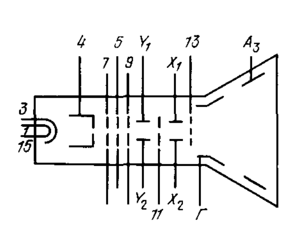


Рис. 36

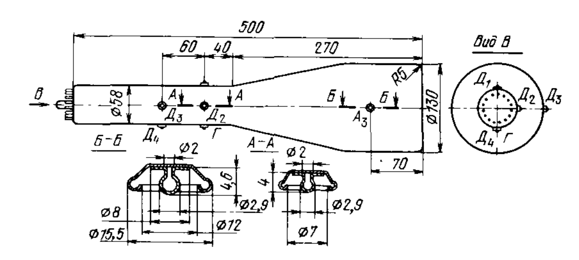


Рис. 37

13ЛО11У

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов.

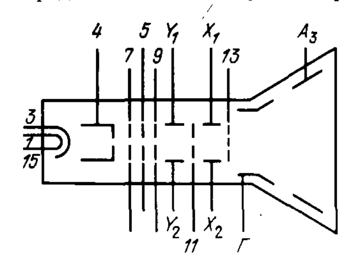


Рис. 38

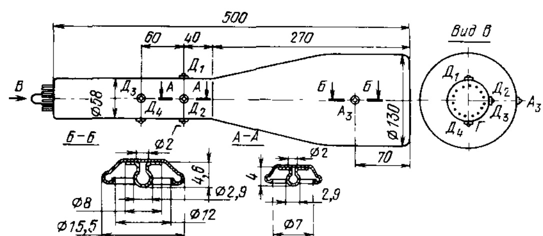


Рис. 39

Цвет свечения экрана 13ЛО11А – синий, 13ЛО11У – светло-зеленый. Размер рабочей части экрана 60x80 мм. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана и на расстоянии 35 мм от центра вдоль направления линии развертки пластин X_1, X_2 не более 0,6 мм; в центре экрана и на расстоянии 25 мм от центра вдоль направления линии развертки пластин Y_1, Y_2 не более 0,8 мм.

Выводы электродов: *1, 15* – подогреватель; *3* – катод; *4* – модулятор; *5* – первый анод; *7* – ускоряющий электрод; *9* – второй анод; *11* – экран пластин Y, X; *13* – сетка; X_1, X_2 – временные отклоняющие пластины (боковые выводы на баллоне); Y_1, Y_2 – сигнальные отклоняющие пластины (боковые выводы на баллоне); A_3 – третий анод (боковой вывод на баллоне); $Г$ – графитовое покрытие (боковой вывод на баллоне). Штырьки *2, 6, 8, 10, 12, 14* – не подключены.

Оформление – стеклянное бесцокольное с боковыми выводами на баллоне. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$ = 6,3 В; U_{a1} = 140 – 340 В; U_{a2} = 1 кВ; U_{a3} = 10 кВ; $U_{уск.эл}$ = 1,5 кВ; $U_с$ = 0,9 – 1,1 кВ; $U_{экр}$ = 0,9 – 1,1 кВ; $U_{гр.покр}$ = 0,9 – 1,1 кВ; $U_{зап}$ = –(30 – 90) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Модуляция, В		35
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя 125 В относительно катода), мкА		100
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		10
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	1,2	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	4,5	
Темновой ток экрана, мкА		120
Нелинейность чувствительности, %		3
Геометрические искажения, %		4
Яркость экрана:		
13ЛО11А мкВт (см^2 · ср)	10	·
13ЛО11У, кд/м^2	60	
Наработка, ч	750	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана вдоль направления линии развертки X_1, X_2, мм		0,75
ширина сфокусированной линии в центре экрана вдоль направления линии развертки Y_1, Y_2, мм		0,95
модуляция, В		45
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор – все электроды		10
катод – все электроды		6,5
пластина X_1 – пластина X_2		2,5
пластина Y_1 – пластина Y_2		2,8
пластина X_1 – все электроды		5,8
пластина Y_1 –все электроды		7,3
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		3,5
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		3,5
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		4,8
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		4,8

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	1000

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение второго анода, В	800	3000
Напряжение третьего анода, В	6000	15 000
Разность напряжений между вторым и третьим анодом, В		12 000
Напряжение модулятора, В	−150	−1
Напряжение между любой из пластин и вторым анодом, В	−500	500
Напряжение ускоряющего электрода, В	800	2000
Напряжение сетки, графитового покрытия и экрана пластин Y_1, Y_2 относительно напряжения второго анода, В	−200	200
Напряжение подогревателя относительно катода, В	−125	100
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1

13ЛО14У

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов в измерительных осциллографах и радиотехнических устройствах.

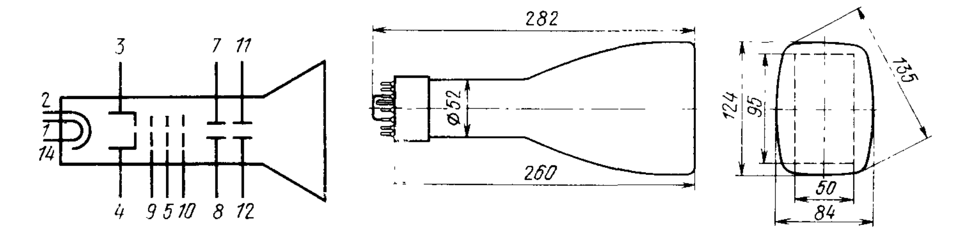


Рис. 40 Рис. 41

Цвет свечения экрана – светло-зеленый. Размер рабочей части экрана 50x95 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,6 мм.

Выводы электродов: *1, 14* – подогреватель; *2* – катод; *3, 4* – модулятор; *5* – первый анод; *7* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1; *8* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2; *9* – ускоряющий электрод; *10* – второй анод; *11* – временная отклоняющая пластина X_2; *12* – временная отклоняющая пластина X_1.
Оформление стеклянное с цоколем. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{а1} = 400–1000$ В; $U_{а2} = 3{,}5$ кВ; $U_{уск.эл} = 3{,}5$ кВ; $U_{зап} = -(30–80)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		35
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,16	

Наименование	Не менее	Не более
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,2	
Время послесвечения, с		0,01
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	750	
Критерии годности при наработке:		
модуляция, В		42
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,72
Емкости между электродами, пФ:		
катод – все электроды		5,0
модулятор – все электроды		9,0
пластина Y_1 – пластина Y_2		3,0
пластина X_1 – пластина X_2		4,5
пластина X_1 – все электроды		10,5
пластина Y_1 – все электроды		7,0

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	200	1200
Напряжение второго анода, В	3250	4450
Напряжение ускоряющего электрода, В	3400	4200
Напряжение модулятора, В	−150	−1
Напряжение подогревателя относительно катода, В	−125	0
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1

13ЛО15И

Предназначена для демонстрации опытов при изучении основных свойств электронно-лучевых приборов.

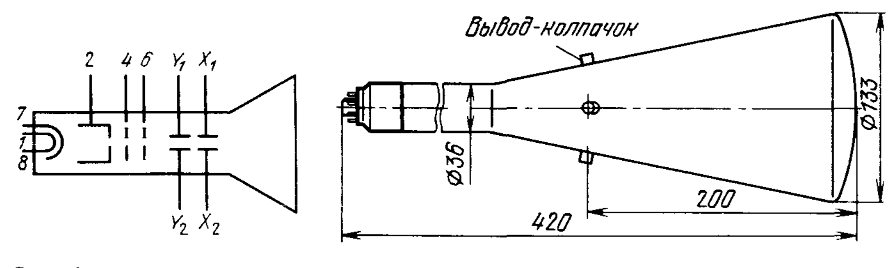


Рис. 42 Рис. 43

Цвет свечения экрана – зеленый. Угол отклонения луча 22°
Выводы электродов: *1, 8* – подогреватель; *2* – модулятор; *4* – первый анод; *6* – второй анод; *7* – катод; X_1, X_2 – временные отклоняющие пластины (боковые выводы на баллоне); Y_1, Y_2 – сигнальные отклоняющие пластины (боковые выводы на баллоне). Штырьки *3, 5* – не подключены.
Оформление стеклянное с цоколем и боковыми выводами анодов. Масса 600 г.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 0 - 400$ В; $U_{a2} = 450$ В; $U_{зап} = -(20 - 100)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Чувствительность, мм/В :		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,7	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,8	
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ток катода, мкА	100	
запирающее напряжение	–100	–20

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,67	6,93
Напряжение первого анода, В	0	400
Напряжение второго анода, В	450	500
Напряжение модулятора, В	–120	0
Средний ток катода, А		0,2

13ЛО54А

Предназначена для визуальной и фотографической регистрации электрических процессов.

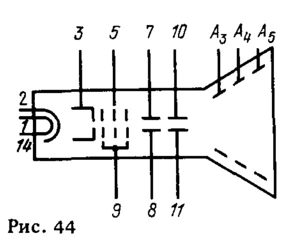


Рис. 44

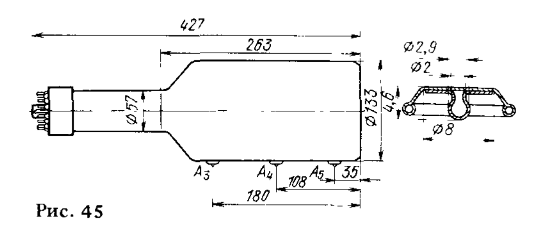


Рис. 45

13ЛО54В

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов.

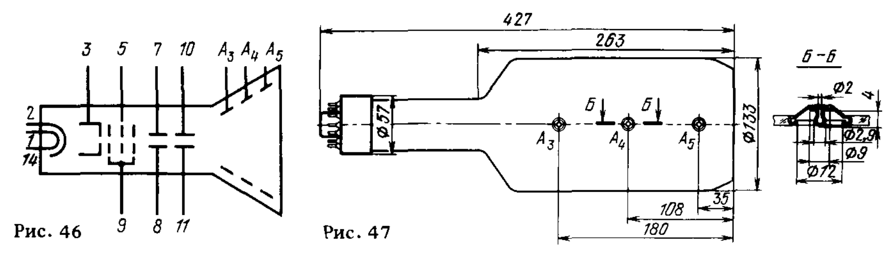


Рис. 46 Рис. 47

13ЛО54М

Предназначена для фотографической регистрации электрических процессов.

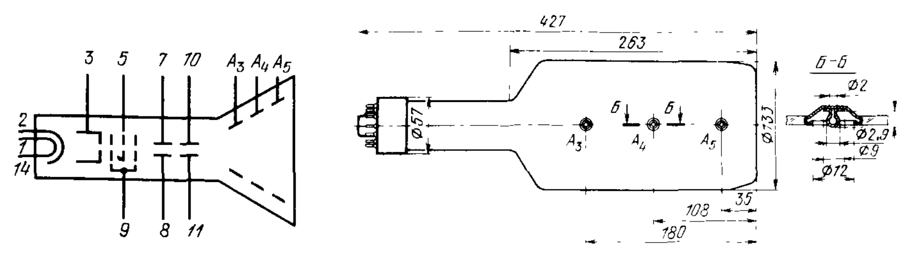


Рис. 48 Рис. 49

Цвет свечения экрана: 13Л054А – синий; 13Л054В – голубой.
Цвет послесвечения – желтый; 13Л054М – голубой. Диаметр рабочей части экрана не менее 108 мм. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,5 мм; на расстоянии 3/8 максимального размера рабочей части экрана не более 0,7 мм.

Выводы электродов: *1,14* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *5* – первый анод; *7* – сигнальная отклоняющая пластина Y_1; *8* – сигнальная отклоняющая пластина Y_2; *9* – второй анод; *10* – временная отклоняющая пластина X_2; *11* – временная отклоняющая пластина X_1; A_3, A_4, A_5 – боковые выводы на баллоне – третий, четвертый и пятый аноды. Штырьки *4,12* – не подключать; *6,13* – отсутствуют. Оформление стеклянное с цоколем и боковыми выводами на баллоне. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 200–400$ В; $U_{a2} = 1{,}5$ кВ; $U_{a3} = 3{,}5$ кВ; $U_{a4} = 6$ кВ; $U_{a5} = 8$ кВ; $U_{зап} = -(30–95)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		50
Ток первого анода, мкА	–50	200
Ток второго анода, мкА		500
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя – 135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,18	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,2	
Яркость:		
13Л054А, 13Л054В, кд/м^2	39	
13Л054М, мкВт/(см^2·ср)	0,5	
Время послесвечения, с:		
13Л054А		0,01
13Л054В	3	
13Л054М		$1 \cdot 10^{-4}$

Наименование	Не менее	Не более
Время готовности, мин.		2
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина линии в центре экрана, мм		0,7
паразитная эмиссия:		
13Л054А, мкВт/(см^2·ср)		1,5
13Л054В, кд/м^2		0,15
13Л054М, мкВт/(см^2·ср)		1,5
Емкости между электродами, пФ:		
катод – все электроды		12
модулятор – все электроды		12
пластина X_1 – пластина X_2		3,5
пластина Y_1 – пластина Y_2		3,5
пластина X_1 – все электроды		15
пластина Y_1 – все электроды		15
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		13
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		13
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		13
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		13

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	1100
Напряжение второго анода, В	1500	2200
Напряжение третьего анода, В	3500	6600
Напряжение четвертого анода, В	6000	10 800
Напряжение пятого анода, В	6000	15 000
Напряжение модулятора, В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Отношение напряжения пятого анода к напряжению второго анода		10
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–550	550
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

16Л02А

16Л02В

16Л02И

Предназначены для визуальной регистрации электрических процессов в радиоэлектронной аппаратуре.

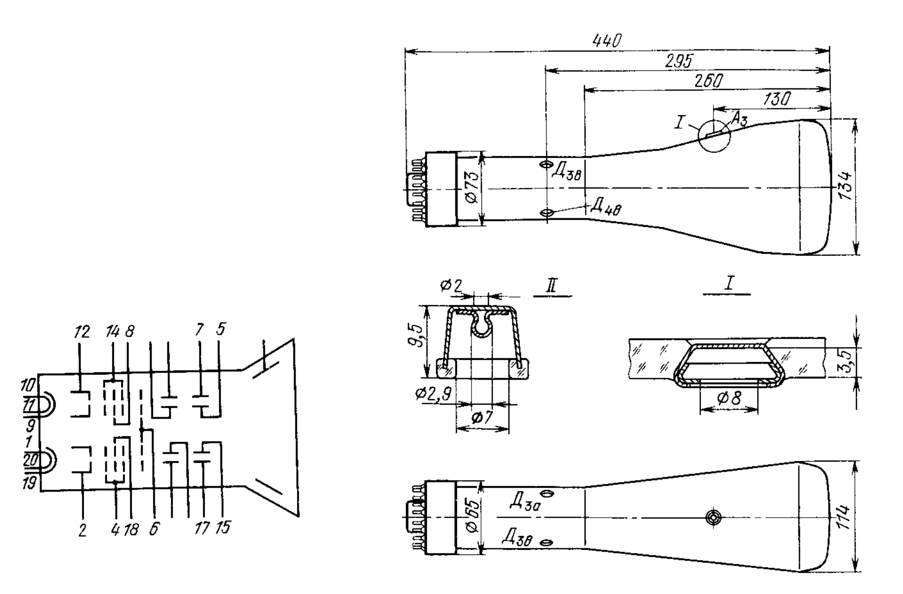


Рис. 50 Рис. 51

Цвет свечения экрана: 16Л02А – синий; 16Л02В – голубой. Цвет послесвечения – желтый; 16Л02И – зеленый. Размер рабочей части экрана не менее 40×100 мм. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,8 мм; на расстоянии 40 м от центра экрана не более 1,0 мм.

Выводы электродов: *1,20* – подогреватель (*а*); *2* – модулятор (*а*); *4* – второй анод (*а*); *5* – временная отклоняющая пластина X_1 (*в*); *6* – второй анод (*а, в*); *7* – временная отклоняющая пластина X_1 (*в*); *8* – первый анод (*в*); *9* – катод (*в*); *10, 11* – подогреватель (*в*); *12* – модулятор (*в*); *14* – второй анод (*в*); *15* – временная отклоняющая пластина X_2 (*а*); *17* – временная отклоняющая пластина X_2 (*а*); *18* – первый анод (*а*); *19* – катод (*а*); *20* – сигнальные отклоняющие пластины Y_1 (*а*), Y_2 (*а*), Y_1 (*в*), Y_2 (*в*) – боковые выводы на горловине баллона; A_3 – третий анод – боковой вывод на баллоне. Штырьки *3,13,16* – не подключены. Буквами *а, в* обозначены электроды двух разных лучеобразующих систем.

Оформление стеклянное с цоколем. Масса 1,9 кг.

Основные параметры

при $U_н$ = 6,3 В; $U_{а1}$ = 350 – 650 В; $U_{а2}$ = 2 кВ; $U_{а3}$ = 3 кВ; $U_{зап}$ = –(40 – 100) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		45
Ток первого анода, мкА	–50	250
Ток второго анода, мкА		500
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя – 135 В относительно катода), мкА		30

Наименование	Не менее	Не более
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,18	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,2	
Яркость:		
16Л02А, мкВт/(см²·ср)	25	
16Л02В, кд/м²	40	
16Л02И, кд/м²	50	
Время послесвечения, с:		
16Л02А		0,01
16Л02В	5	
16Л02И		0,1
Наработка, ч	750	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		1,2
напряжение модуляции, В		50
Емкости между электродами, пФ:		
катод – все электроды		6
модулятор – все электроды		9
пластина X_1 – пластина X_2		6
пластина Y_1 – пластина Y_2		6
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		9
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		9
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		7
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		7

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	1200
Напряжение второго анода, В	2000	4000
Напряжение третьего анода, В	3500	7000
Напряжение модулятора, В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–500	500
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		3
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

13Л0104А

Предназначена для визуальной и фотографической регистрации высокочастотных электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

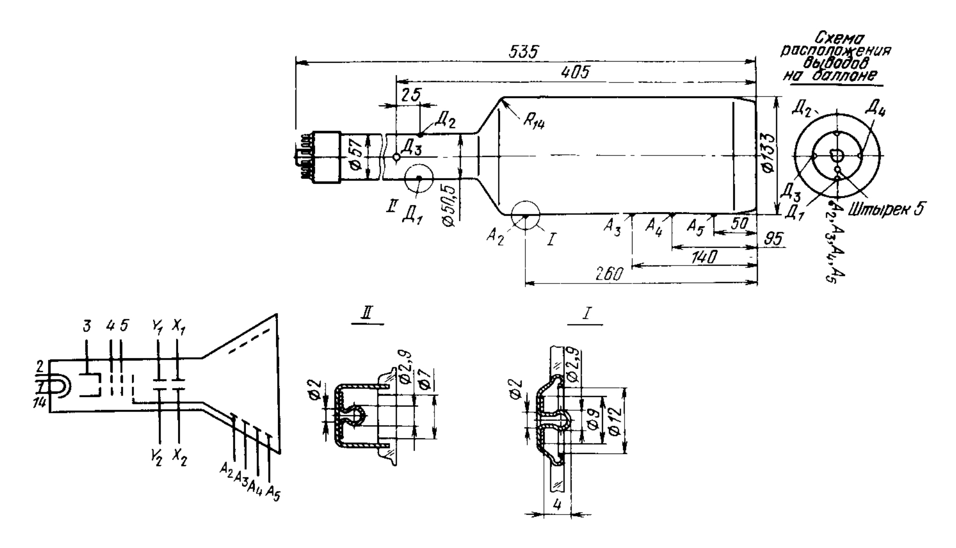


Рис. 52 Рис. 53

Цвет свечения экрана – синий. Размер рабочей части экрана 80х50 мм. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,6 мм; на расстоянии 3/8 максимального размера рабочей части экрана не более 0,7 мм.

Вывод электродов: *1,14* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *4* – ускоряющий электрод; *5* – первый анод; X_1, X_2 – временные отклоняющие пластины; Y_1, Y_2 – сигнальные отклоняющие пластины; A_2, A_3, A_4, A_5 – второй, третий, четвертый, пятый аноды. Штырьки *7 –12* – не подключать; *6,13* – отсутствуют.
Оформление – стеклянное с цоколем и боковыми выводами на баллоне. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 550–850$ В; $U_{a2} = 4$ кВ; $U_{a3} = 8$ кВ; $U_{a4} = 12$ кВ; $U_{a5} = 18$ кВ; $U_{уэ} = 400$ В; $U_{зап} = -(50–150)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		90
Ток первого анода, мкА	–50	100
Ток второго анода, мкА		400
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя – 135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,15	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,16	
Скорость записи, км/с	10 000	
Яркость экрана, мкВт/(см²·ср)	300	
Время послесвечения, с		0,01
Время готовности, мин		2

Наименование	Не менее	Не более
Наработка, ч	300	
Критерии годности при наработке:		
ширина линии в центре, мм		0,7
модуляция, В		90
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор – все электроды	5	10
катод – все электроды	2,5	5,5
пластина X_1 – пластина X_2	0,5	1,5
пластина Y_1 – пластина Y_2	0,4	1,3
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2	1,8	3,5
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1	1,8	3,5
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2	1,8	3,5
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1	1,8	3,5

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение ускоряющего электрода, В	300	500
Напряжение первого анода, В		2000
Напряжение второго анода, В	2000	6000
Напряжение третьего анода, В	4000	12 000
Напряжение четвертого анода, В	6000	20 000
Напряжение пятого анода, В	8000	25 000
Напряжение модулятора, В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Напряжение между любой из отклоняющей пластин и вторым анодом, В	–2000	2000
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

18Л03А

Предназначена для визуальной и фотографической регистрации электрических процессов.

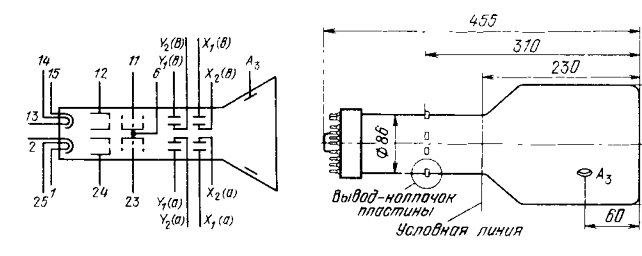


Рис. 54

Рис. 55

Цвет свечения экрана – синий. Скорость записи не менее 3000 км/с. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,65 мм, на расстоянии 50 мм от центра экрана не более 0,85 мм.

Выводы электродов: *1,25* – подогреватель (*а*); *2* – катод (*а*); *6* – второй анод (*а, в*); *11* – первый анод (*в*); *12* – модулятор (*в*); *13, 14* – подогреватель (*в*); *15* – катод (*в*); *23* – первый анод (*а*); *24* – модулятор (*а*); X_1 (*а*), X_2 (*а*) – временные отклоняющие пластины – боковые выводы на баллоне; Y_1 (*а*), Y_2 (*а*) – сигнальные отклоняющие пластины – боковые выводы на баллоне. X_1 (*в*), X_2 (*в*) – временные отклоняющие пластины – боковые выводы на баллоне; Y_1 (*в*), Y_2 (*в*) – сигнальные отклоняющие пластины –боковые выводы на баллоне; A_3 – третий анод – боковой вывод на баллоне. Штырьки *3,4, 5, 7 – 10, 16–22* – не подключать. Буквами (*а*) и (*в*) обозначены электроды двух разных лучеобразующих систем.

Оформление стеклянное с цоколем и боковыми выводами на баллоне. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 0{,}85–1{,}15$ кВ; $U_{a2} = 4$ кВ; $U_{a3} = 8$ кВ; $U_{зап} = -(80–150)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		35
Ток первого анода, мкА	–50	50
Ток второго анода, мкА		150
Ток третьего анода, мкА	100	
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,16	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,25	
Яркость экрана, мкВт/ (см^2·ср)	30	
Время послесвечения, с		0,01
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,85
ток третьего анода, мкА	80	
Емкость между электродами, пФ:		
катод – все электроды		5,5
модулятор – все электроды		6
пластина X_1 – пластина X_2		2
пластина Y_1 – пластина Y_2		2,2
пластина X_1 – все все электроды, кроме X_2		6
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		6
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		5
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		5

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1300
Напряжение второго анода, В	2000	4400
Напряжение третьего анода, В	6000	12 000
Напряжение модулятора,В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–125	0
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

23Л02У

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов.

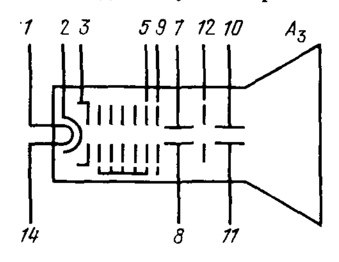


Рис. 56

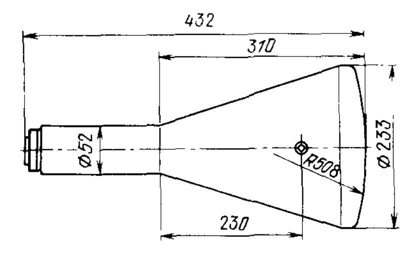


Рис. 57

Цвет свечения экрана – зеленый. Размер рабочей части экрана 140х140 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,65 мм.
Выводы электродов: *1,14* – подогреватель; *2* – катод; *3* – модулятор; *5* – первый анод; *7* – сигнальная пластина Y_1; *8* – сигнальная пластина Y_2; *9* – второй анод; *10* – временная пластина X_2; *11* – временная пластина X_1; *12* – экран; *4,6,13* – не подключены; A_3 – третий анод – боковой вывод на баллоне.
Оформление стеклянное без цоколя. Масса 2,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=0,6–1,1 кВ; U_{a2}= 5 кВ; U_{a3}=6 кВ; $U_{зап}$= – (70–130) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Модуляция (при яркости 20 кд/м²), В		35
Ток первого анода, мкА	–50	300
Ток третьего анода, мкА	30	
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя – 135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,2	
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,25	
Время послесвечеиия, с		0,01
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,8
напряжение модуляции, В		40
Емкости между электродами, пФ:		
катод – все электроды		8
модулятор – все электроды		8
пластина Y_1 – пластина Y_2		5
пластина X_1 – пластина X_2		5
пластина Y_1 – все электроды		12
пластина X_1 – все электроды		15
пластина Y_1 – все электроды, кроме Y_2		12
пластина Y_2 – все электроды, кроме Y_1		10
пластина X_1 – все электроды, кроме X_2		10
пластина X_2 – все электроды, кроме X_1		10

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	300	1700
Напряжение второго анода, В	4800	5200
Напряжение третьего анода, В	5500	7500
Напряжение модулятора, В	–200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	–135	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	–500	500
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		2

ОГЛАВЛЕНИЕ

Пароль Николай Владимирович
Бернштейн Александр Сергеевич

Осциллографические электронно-лучевые трубки

Редактор И. Н. Суслова
Технический редактор Г. И. Колосова
Корректор Н. М. Давыдова

ИБ № 223

Подписано в печать 8.02.82 г. Т-03875 Формат 60×90/16 Бумага писч. № 1
Гарнитура "Пресс-роман" Офсет Усл. печ. л. 3,0 Усл. кр.-отт. 5,0 Уч.-изд. л. 4,29
Тираж 30 000 экз. Изд. № 19443 Зак. № 743 Цена 35 к.
Издательство "Радио и связь". Москва, 101000, Главпочтамт, а/я 693

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, 129041, Б. Переяславская ул., д. 46